

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-269272

(43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

G06F 17/50

G01R 31/28

H01L 21/82

H01L 29/00

(21)Application number : 09-077424

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.03.1997

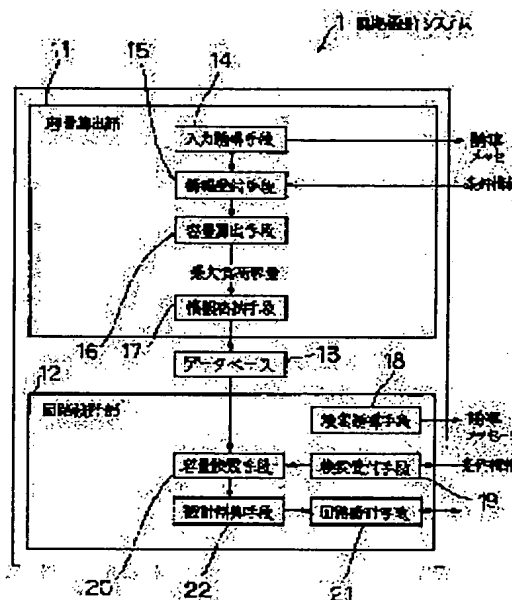
(72)Inventor : HIRATA MORIHISA

(54) CIRCUIT DESIGN METHOD, AND INTEGRATED CIRCUIT DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly design an integrated circuit device that does not have the deterioration with time of circuit element a permission range during the term of guarantee by retrieving a max. load capacity from a database by means of condition information of the used circuit element and making the load capacity of the circuit element smaller than retrieved max. load capacity.

SOLUTION: When a user who inputs desired condition information inputs retrieval start, a capacity retrieving means 20 retrieves max. load capacity from the database 13 with condition information as a retrieval key. A design control means 22 controls the circuit design of a circuit design means 21 in accordance with the max. load capacity of the retrieved circuit element. Therefore, the integrated circuit device is designed so as to permit the load capacity of the circuit element to be an object to be smaller than retrieved max. load capacity. That is, max. load capacity is retrieved from the database 13 by condition information at the point of time when design is executed so that the calculation of max. load capacity after executing a simulation by condition information is unnecessary and the required time of circuit design is drastically shortened.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.03.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3019020

[Date of registration]

07.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-269272

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/60

6 5 8 R

G 0 1 R 31/28

H 0 1 L 29/00

H 0 1 L 21/82

G 0 1 R 31/28

F

29/00

G 0 6 F 15/60

6 5 8 E

H 0 1 L 21/82

C

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平9-77424

(22)出願日

平成9年(1997)3月28日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 平田 守央

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 若林 忠

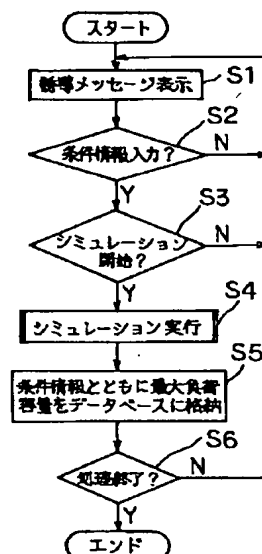
(54)【発明の名称】 回路設計方法および集積回路装置

(57)【要約】

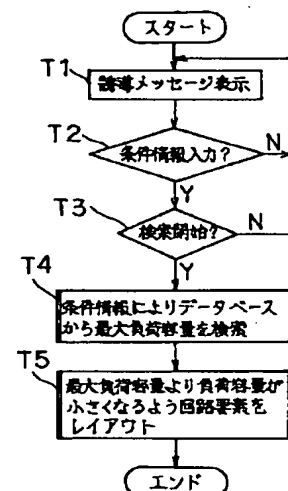
【課題】 回路要素の負荷容量が許容範囲を超過しないよう集積回路装置を設計する場合の所用時間を短縮する。

【解決手段】 集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を、様々な条件情報を設定したシミュレーションで事前に算出してデータベースに格納しておく。集積回路装置の設計時には、使用する回路要素の条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索し、これより回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計し、処理に時間を要するシミュレーションは実行しない。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、

算出された最大負荷容量を回路要素の条件情報とともにデータベースに格納し、

設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報により前記データベースから最大負荷容量を検索し、

検索された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにしたことを特徴とする回路設計方法。

【請求項2】 設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、

検出された条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索し、

検索された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにしたことを特徴とする請求項1記載の回路設計方法。

【請求項3】 回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、

設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、

検出された出力信号の応答時間を後段の前記回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間として設定するようにしたことを特徴とする請求項2記載の回路設計方法。

【請求項4】 集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、

算出された最大負荷容量を条件情報から近似的に算出する近似式を設定し、

設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、

算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにしたことを特徴とする回路設計方法。

【請求項5】 設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、

検出された条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、

算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにしたことを特徴とする請求項4記載の回路設計方法。

【請求項6】 回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、

設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、

検出された応答時間を後段の回路要素の条件情報の一つ

である入力信号の応答時間として近似式に代入するようにしたことを特徴とする請求項5記載の回路設計方法。

【請求項7】 集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素のゲート幅を拡大するようにしたことを特徴とする請求項2または5記載の回路設計方法。

【請求項8】 集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の出力ラインの長さを短縮するようにしたことを特徴とする請求項2または5記載の回路設計方法。

【請求項9】 集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の構成を変更するようにしたことを特徴とする請求項2または5記載の回路設計方法。

【請求項10】 集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の後段の回路を変更するようにしたことを特徴とする請求項2または5記載の回路設計方法。

【請求項11】 回路要素の条件情報が、回路要素のゲート幅、入力信号の応答時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、として設定されていることを特徴とする請求項1ないし10の何れか一記載の回路設計方法。

【請求項12】 レイアウトされて適直接続された各種の回路要素からなり、動作保証温度や動作保証期間等の各種条件が規定されている集積回路装置において、請求項1ないし11の何れか一記載の回路設計方法により設計されていることを特徴とする集積回路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回路設計方法および集積回路装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、トランジスタやインバータなどの各種の回路要素を微細に集積する技術が開発され、LSI (Large Scale Integrated Circuit)等の集積回路装置が実用化されている。このような集積回路装置では、各種の微細な回路要素が集積されているので、そのホットキャリアによる劣化が無視できない。

【0003】例えば、回路要素の一つであるインバータの場合、入力信号の立ち上がりに対応して出力信号が立ち下がる遷移時間にホットキャリアが発生し、このホットキャリアによりトランジスタの特性が劣化して信号出力の応答性が低下する。このようなホットキャリアによる回路要素の経時劣化により、集積回路装置の保証期間中に動作性能が許容範囲より低下すると、これは製品の不良と判断される。

【0004】これを防止するため、従来は集積回路装置を保証期間中に動作性能が許容範囲より低下しないように設計している。つまり、各種の回路要素をレイアウト

10

20

30

40

50

した集積回路装置を設計し、この設計データにより回路要素の経時劣化を“spice”等のソフトウェアによりシミュレートしている。このようなシミュレーションにより保証期間の経過時の回路要素の性能が予想されるので、この性能が許容範囲を満足していない場合には、集積回路装置の回路やレイアウトを修正する。

【0005】なお、前述したインバータなどの回路要素では、信号の遷移時間にホットキャリアが発生するので、遷移時間が短い回路要素はホットキャリアによる劣化が軽微である。回路要素の信号の遷移時間は負荷容量に依存するので、負荷容量が小さい回路要素はホットキャリアによる劣化が少なくなることになる。負荷容量は、回路要素の出力ラインの容量であり、出力ラインの長さや接続される後段の回路要素に依存する。

【0006】そこで、特開平3-142964号公報に開示されている回路設計方法では、集積回路装置を設計してから回路要素の負荷容量を算出し、この負荷容量を回路要素の立ち上がり時間や伝達係数で除算する。この計算結果を所定の基準値と比較し、計算結果が基準値以上の場合には対応する回路要素の設計を修正する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述のような従来の回路設計方法では、回路要素のホットキャリアによる経時劣化を見越して、保証期間中に動作性能が許容範囲より低下しないように集積回路装置を設計することができる。

【0008】しかし、設計した集積回路装置を“spice”等のソフトウェアによりシミュレートする方法では、集積回路装置の設計が完了してから回路要素の信頼性を検証するので、このシミュレーションにより回路要素の不良が発見されると、完成している集積回路装置を修正することになる。同様に、特開平3-142964号公報に開示されている回路設計方法でも、集積回路装置の設計が完了してから回路要素の信頼性を検証し、必要に応じて完成している集積回路装置の回路やレイアウトを修正する。

【0009】しかし、このように完成している集積回路装置を修正することは容易ではなく、一部を修正すると他部の性能が変化するので、修正した集積回路装置も同様にシミュレート等する必要がある。設計の収束までに多大な時間を要することになる。特に、集積回路装置には膨大な個数の回路要素が集積されており、その各々に対して上述のようなシミュレートや修正を繰り返すと、集積回路装置の設計が完成するまでに多大な時間を必要とする。

【0010】本発明は上述のような課題に鑑みてなされたものであり、ホットキャリアによる回路要素の経時劣化が保証期間中に許容範囲より低下しない集積回路装置を迅速に設計する回路設計方法、この回路設計方法により設計された集積回路装置、を提供することを目的とす

る。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の回路設計方法は、集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、算出された最大負荷容量を回路要素の条件情報とともにデータベースに格納し、設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報により前記データベースから最大負荷容量を検索し、検索された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにした。

【0012】つまり、集積回路装置の設計時に必要となる回路要素の最大負荷容量を、設計以前に様々な条件情報を設定してシミュレーションで算出しておき、これを条件情報により自在に検索できるようデータベースに格納しておく。集積回路装置の設計時には、対象となる回路要素の最大負荷容量を条件情報によりデータベースから検索し、これを負荷容量が超過しないよう集積回路装置を設計する。

【0013】例えば、集積回路装置の設計時に各種の回路要素を順次組み合わせると、回路要素の出力ラインの負荷容量は様々に変化する。設計途中で回路要素の負荷容量を適宜算出し、これがデータベースから検索される最大負荷容量を超過しないように集積回路装置を設計することができる。また、設計した集積回路装置の回路要素の負荷容量を各々算出し、これが最大負荷容量を超過している場合にバックアノテーションにより集積回路装置を修正することもできる。

【0014】このような集積回路装置の設計時には、事前に算出された最大負荷容量をデータベースから読み出し、最大負荷容量を算出するシミュレーションは実行しないので、回路設計の所用時間が大幅に短縮される。

【0015】なお、本発明で云う集積回路装置とは、各種の回路要素を集積した装置であり、例えば、LSI (Large Scale Integrated Circuit)などを許容する。回路要素とは、集積回路装置に集積される要素であり、例えば、LSIの内部に薄膜技術で形成されたトランジスタなどを許容する。条件情報とは、回路要素の負荷容量に影響する各種の情報であり、例えば、回路要素のゲート幅、入力信号の応答時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、等を許容する。回路要素の最大負荷容量とは、その回路要素が所定の条件下で使用された場合に、ホットキャリアによる特性劣化が保証期間中に許容範囲より低下しないこととなる最大の負荷容量を意味している。

【0016】条件情報から最大負荷容量を算出するシミュレーションは、例えば“spice”等のソフトウェアが実装されたコンピュータシステムによる演算処理などを許容する。データベースは、集積回路装置の設計時に利用できるものであれば良く、例えば、集積回路装置の設

10

20

30

40

50

計に利用されるコンピュータシステムに構築されることなどを許容する。最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計することは、例えば、その回路要素の出力ラインが所定の長さ以下となるよう回路レイアウトを決定することなどを許容し、これを所定のソフトウェアが実装されたコンピュータシステムの演算処理で実行することなどを許容する。

【0017】上述のような回路設計方法における他の発明としては、設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、検出された条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索し、検索された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにした。

【0018】つまり、回路要素の条件情報には、入力信号の立ち上がり時間などのように集積回路装置の設計が完了するまで判明しないものもある。このように集積回路装置が設計されてから判明する条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索すれば、これを設計された回路要素の負荷容量と比較して必要により設計を修正することができる。なお、このように設計を修正して回路要素の負荷容量を低減することは、例えば、その回路要素の出力ラインを短縮するようレイアウトを変更することなどを許容し、これを所定のソフトウェアが実装されたコンピュータシステムの演算処理で実行することなどを許容する。

【0019】上述のような回路設計方法における他の発明としては、回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、検出された出力信号の応答時間を後段の前記回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間として設定するようにした。

【0020】つまり、回路要素の負荷容量に影響する条件情報の一つとなる入力信号の応答時間は、その前段の回路要素の出力信号の応答時間であるので、集積回路装置の設計が完了するまで判明しない。このように集積回路装置が設計されてから判明した入力信号の応答時間を条件情報の一つとしてデータベースから最大負荷容量を検索すれば、これを設計された回路要素の負荷容量と比較して必要により設計を修正することができる。

【0021】なお、本発明で云う入力信号の応答時間とは、入力信号の立ち上がり時間および立ち下がり時間を意味している。また、前段から後段に信号を順次伝達する回路要素は少なくとも二個があれば良く、例えば、前段の複数の回路要素から後段の一個の回路要素に信号を伝達する構造や、前段の一個の回路要素から後段の複数の回路要素に信号を伝達する構造や、前段の複数の回路要素から後段の複数の回路要素に信号を伝達する構造も許容する。

【0022】本発明の回路設計方法は、集積回路装置を

形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、算出された最大負荷容量を条件情報から近似的に算出する近似式を設定し、設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにした。

【0023】つまり、集積回路装置の設計時に必要となる回路要素の最大負荷容量を、設計以前に様々な条件情報を設定してシミュレーションで算出しておき、この最大負荷容量を条件情報により近似的に算出できる近似式を設定しておく。集積回路装置の設計時には、対象となる回路要素の条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、これを負荷容量が超過しないよう集積回路装置を設計する。集積回路装置の設計時には、事前に算出された最大負荷容量をデータベースから読み出し、最大負荷容量を算出するシミュレーションは実行しないので、回路設計の所用時間が大幅に短縮される。なお、近似式により条件情報から回路要素の最大負荷容量を算出することは、例えば、適正なプログラムをソフトウェアとして実装したコンピュータシステムによる演算処理などを許容する。

【0024】上述のような回路設計方法における他の発明としては、設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、検出された条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにした。

【0025】つまり、回路要素の条件情報には、入力信号の応答時間などのように集積回路装置の設計が完了するまで判明しないものもある。このように集積回路装置が設計されてから判明する条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出すれば、これを設計された回路要素の負荷容量と比較して必要により設計を修正することができる。

【0026】上述のような回路設計方法における他の発明としては、回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、検出された応答時間を後段の回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間として近似式に代入するようにした。

【0027】つまり、回路要素の負荷容量に影響する条件情報の一つとなる入力信号の応答時間は、その前段の回路要素の出力信号の応答時間であるので、集積回路装置の設計が完了するまで判明しない。このように集積回路装置が設計されてから判明した入力信号の応答時間を条件情報の一つとして近似式により最大負荷容量を近似的に算出すれば、これを設計された回路要素の負荷容量と比較して必要により設計を修正することができる。

10

20

30

40

50

【0028】上述のような回路設計方法における他の発明としては、集積回路装置を修正するとき、集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素のゲート幅を拡大するようにした。または、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の出力ラインの長さを短縮するようにした。または、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の構成を変更するようにした。または、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の後段の回路を変更するようにした。

【0029】上述のように集積回路装置を修正することにより、回路要素の負荷容量が最大負荷容量を超過した場合でも、その回路要素の負荷容量を低下させて最大負荷容量を超過しない状態とすることができる。

【0030】上述のような回路設計方法における他の発明としては、回路要素の条件情報が、回路要素のゲート幅、入力信号の応答時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、として設定されている。従って、各種の条件情報により回路要素の最大負荷容量が正確に算出されて設計に利用される。

【0031】本発明の集積回路装置は、レイアウトされて適直接続された各種の回路要素からなり、動作保証温度や動作保証期間等の各種条件が規定されている集積回路装置において、上述した各種の回路設計方法の少なくとも一つにより設計されている。従って、集積回路装置を形成する各種の回路要素の負荷容量が各々の最大負荷容量より小さい。

【0032】

【発明の実施の形態】本発明の実施の一形態を図面を参照して以下に説明する。なお、図1は本実施の形態の回路設計方法を示すフローチャート、図2は回路設計装置である回路設計システムの論理的構造を示す模式図、図3は物理的構造を示すブロック図、図4はホストコンピュータの物理的構造を示すブロック図である。

【0033】本実施の形態の回路設計システム1は、図3に示すように、いわゆるクライアントサーバシステムからなり、一個のホストコンピュータ2に複数のワークステーション3が通信ネットワーク4で接続された構造からなる。

【0034】前記ホストコンピュータ2は、コンピュータの主体としてCPU101を具備しており、このCPU101には、バスライン102により、ROM103、RAM104、HDD105、FD106が装填されるFDD107、CD-ROM108が装填されるCDDドライブ109、キーボード110、マウス111、ディスプレイ112、大容量記憶装置113、通信I/F114、等が接続されている。

【0035】この通信I/F114には、前記通信ネットワーク4が接続されており、この通信ネットワーク4に複数の前記ワークステーション3が接続されている。前記大容量記憶装置113は、例えば、多数のMO(Ma

gnetic Optical Disc)が並列に装填されたMOドライブからなり、大容量の情報を読出自在に記憶する。なお、前記ワークステーション3の物理的構造は、前記大容量記憶装置113を具備しない他は前記ホストコンピュータ2と同様なので、以下では同一の名称および符号を使用して説明は割愛する。

【0036】本実施の形態の回路設計システム1では、前記ROM103、前記RAM104、前記HDD105、前記FD106、前記CD-ROM108、前記大容量記憶装置113、等が情報記憶媒体に相当し、これらに各種動作に必要なプログラムやデータがソフトウェアとして記憶されている。例えば、前記CPU101に各種の処理動作を実行させる制御プログラムは、前記FD106や前記CD-ROM108に事前に書き込まれている。このようなソフトウェアは前記HDD105に事前にインストールされており、前記ホストコンピュータ2の起動時に前記RAM104に複写されて前記CPU101に読み取られる。

【0037】このように前記CPU101が適正なプログラムを読み取って各種の処理動作を実行することにより、本実施の形態の回路設計システム1には、各種の機能が各種の手段として実現されている。このような各種手段により、本実施の形態の回路設計システム1には、図2に示すように、回路設計装置の一部として容量算出部11と回路設計部12とが形成されており、これらの容量算出部11と回路設計部12とが一つのデータベース13を共用している。

【0038】前記容量算出部11は、入力誘導手段14、情報受付手段15、容量算出手段16、情報格納手段17、等を論理的に具備しており、例えば、前記データベース13とともに前記ホストコンピュータ2に構築されている。前記回路設計部12は、検索誘導手段18、検索受付手段19、容量検索手段20、回路設計手段21、設計制御手段22、等を論理的に具備しており、例えば、前記ワークステーション3に構築されている。

【0039】前記データベース13は、例えば、前記ホストコンピュータ2の大容量記憶装置113に構築されており、様々な条件情報を検索キーとして各種の回路要素の最大負荷容量が格納されている。このような条件情報としては、回路要素のゲート幅、入力信号の応答時間である立ち上がり時間および立ち下がり時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、ネットリスト等として設定されている。

【0040】前記容量算出部11の入力誘導手段14は、例えば、前記RAM104に事前に格納されている誘導メッセージを前記CPU101が読み出して前記ディスプレイ112に表示させることにより、様々な条件情報の入力をユーザに誘導する。前記情報受付手段15は、例えば、前記キーボード110の入力データを前記

CPU101が前記RAM104の所定位置に格納することにより、条件情報の入力を受け付ける。

【0041】前記容量算出手段16は、例えば、前記RAM104に事前に格納されている“spice”等のソフトウェアと前記RAM104に一時記憶された条件情報とに対応して前記CPU101が適正な演算処理を実行することにより、様々な条件情報を設定したシミュレーションで回路要素の最大負荷容量を算出する。前記情報格納手段17は、例えば、前記CPU101が算出結果を前記RAM104の条件情報とともに前記大容量記憶装置113の所定位置に格納することにより、算出された最大負荷容量を回路要素の条件情報とともに前記データベース13に格納する。

【0042】前記回路設計部12の検索誘導手段18は、例えば、前記RAM104に事前に格納されている誘導メッセージを前記CPU101が読み出して前記ディスプレイ112に表示させることにより、設計する集積回路装置の回路要素の条件情報の入力をユーザに誘導する。前記検索受付手段19は、例えば、前記キーボード110の入力データを前記CPU101が前記RAM104の所定位置に格納することにより、条件情報の入力を受け付ける。

【0043】前記容量検索手段20は、例えば、前記ワークステーション3と前記ホストコンピュータ2との通信などにより、条件情報により前記データベース13から最大負荷容量を検索する。より具体的には、前記ワークステーション3の前記CPU101が前記RAM104に一時記憶された条件情報から検索依頼を生成し、これを前記通信I/F114から前記通信ネットワーク4を介して前記ホストコンピュータ2に送信する。このホストコンピュータ2では、受信した検索依頼の条件情報に対応して前記CPU101が前記大容量記憶装置113から最大負荷容量を検索し、これを検索結果として前記通信I/F114から前記通信ネットワーク4を介して前記ワークステーション3に返信する。

【0044】前記回路設計手段21は、例えば、前記RAM104等に事前に格納されている適正なプログラムと、前記キーボード110等により入力された回路要素の各種データとに対応して、前記CPU101が所定の演算処理を実行することにより、各種の回路要素をレイアウトして集積回路装置の設計データを生成する。

【0045】前記設計制御手段22は、例えば、前記RAM104等に事前に格納されている適正なプログラムに対応して前記CPU101が所定の演算処理を実行することにより、前記回路設計手段21がレイアウトする回路要素の負荷容量が前記容量検索手段20により検索された最大負荷容量より小さくなるよう設計データの生成を制御する。

【0046】上述のような前記容量算出部11や前記回路設計部12の各種手段は、必要により前記キーボード

110や前記ディスプレイ112等のハードウェアを利用して実現されるが、その主体は前記RAM104等に基づき込まれたソフトウェアに対応して前記CPU101が動作することにより実現されている。

【0047】例えば、前記容量算出部11のソフトウェアは、様々な条件情報の入力を誘導するメッセージを前記ディスプレイ112に表示させること、前記キーボード110等により入力された条件情報を前記RAM104等に一時記憶させること、一時記憶された条件情報によるシミュレーションで回路要素の最大負荷容量を算出すること、算出された最大負荷容量を回路要素の条件情報とともに前記データベース13に格納すること、等の処理動作を前記CPU101等に行わせるための制御プログラムとして前記RAM104等の情報記憶媒体に格納されている。

【0048】また、前記回路設計部12のソフトウェアは、例えば、設計する集積回路装置の回路要素の条件情報の入力を誘導するメッセージを前記ディスプレイ112に表示させること、前記キーボード110等により入力された条件情報を前記RAM104等に一時記憶させること、一時記憶された条件情報により前記データベース13から最大負荷容量を検索すること、前記キーボード110等により入力される各種データに対応して、各種の回路要素をレイアウトした集積回路装置の設計データを生成すること、この設計データの生成を制御してレイアウトされる回路要素の負荷容量を検索された最大負荷容量より小さくすること、等の処理動作を前記CPU101等に行わせるための制御プログラムとして前記RAM104等の情報記憶媒体に格納されている。

【0049】上述のような構成において、本実施の形態の回路設計システム1における回路設計方法では、最初にホストコンピュータ2の容量算出部11によりデータベース13を作成しておき、このデータベース13を利用してワークステーション3の回路設計部12により集積回路装置を設計する。

【0050】まず、容量算出部11でデータベース13を作成するときは、図1(a)に示すように、最初に入力誘導手段14が条件情報の入力を誘導するメッセージをディスプレイ112の表示等で出力するので(ステップS1)、これを確認したユーザが条件情報をキーボード110等で入力すると、これが容量受付手段15により受け付けられてRAM104等に記憶される(ステップS2)。このようなメッセージの表示と入力の受け付けとが条件情報の個数に対応して繰り返されるので、回路要素のゲート幅、入力信号の立ち上がり時間、立ち下がり時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、ネットリスト、等の条件情報がRAM104に蓄積される。

【0051】そこで、所望の条件情報を入力したユーザがキーボード110等でシミュレーションの開始を入力

すると(ステップS3)、容量算出手段16により既存の“spice”等のソフトウェアを利用したシミュレーションで回路要素の最大負荷容量が算出される(ステップS4)。このように算出された回路要素の最大負荷容量は、情報格納手段17により条件情報とともにデータベース13に格納される(ステップS5)。

【0052】これで一つの回路要素の最大負荷容量が様々な条件情報とともにデータベース13に登録されたことになるので、必要により上述のような処理動作を繰り返すことにより(ステップS6)、集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量が様々な条件情報とともにデータベース13に蓄積される。

【0053】上述のように容量算出部11によりホストコンピュータ2のデータベース13に必要な情報が蓄積されると、これを利用してワークステーション3の回路設計部12により集積回路装置を設計することができる。その場合、基本的には既存の設計ソフトウェアなどを利用した回路設計手段21により、ユーザがディスプレイ112により各種情報を確認しながらキーボード110により必要な情報を入力するなどして集積回路装置の設計を実行する。この回路設計は、例えば、情報回路装置を形成する回路要素の種別や接続関係をユーザが指定し、そのレイアウトは回路設計手段21が適正なプログラムに対応して自動生成するような、自動的な処理動作などとして実行される。

【0054】このようにワークステーション3が回路設計を進行させるとき、例えば、回路要素の種別を指定するときなどのタイミングで、検索誘導手段18が条件情報の入力を誘導するメッセージをディスプレイ112の表示等で出力する(ステップT1)。そこで、これを確認したユーザが条件情報をキーボード110等で入力すると、これが検索受付手段19により受け付けられてRAM104等に一時記憶される(ステップT2)。このようなメッセージの表示と入力の受け付けとが条件情報の個数に対応して繰り返されるので、様々な条件情報がRAM104に蓄積される。

【0055】そこで、所望の条件情報を入力したユーザがキーボード110等で検索の開始を入力すると(ステップT3)、容量検索手段20により条件情報を検索キーとしてデータベース13から最大負荷容量が検索される(ステップT4)。このように検索された回路要素の最大負荷容量に対応して設計制御手段22が回路設計手段21の回路設計を制御するので、集積回路装置は対象とされた回路要素の負荷容量が検索された最大負荷容量より小さくなるよう設計される(ステップT5)。このように回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さくなるよう集積回路装置を設計することは、例えば、回路要素の出力ラインの全長が所定値以下となるよう回路レイアウトの設計データを生成することなどとして実行される。

【0056】本実施の形態の回路設計システム1の回路

設計方法では、上述のように設計以前に様々な条件情報で各種の回路要素の最大負荷容量をシミュレーションにより算出しておき、これを設計時点で条件情報により検索して回路設計に利用するので、処理に時間を要するシミュレーションを設計時点で実行する必要がなく、回路設計の所用時間を大幅に短縮することができる。このように設計された集積回路装置は、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さいので、ホットキャリアに対する経時劣化が許容範囲に維持されて信頼性が良好である。

【0057】なお、本発明は上記形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で各種の変形を許容する。例えば、上記形態では回路設計手段21が最小限の情報入力に対応して集積回路装置を自動設計するとき、設計制御手段22が対象の回路要素の負荷容量が検索された最大負荷容量より小さくなるよう自動設計を制御することを想定した。

【0058】しかし、ユーザがワークステーション3を操作して所望により集積回路装置を設計するとき、利用する回路要素の最大負荷容量を検索してディスプレイ112に表示させ、これをユーザが考慮して回路設計に反映させるようなことも可能である。この場合、回路設計システム1は、回路要素の最大負荷容量に対応して集積回路装置を適正に自動設計する装置としては機能せず、ユーザによる集積回路装置の設計を支援する装置として機能することになる。

【0059】また、上記形態ではデータベース13から条件情報により検索された最大負荷容量を集積回路装置の適正な設計に利用することを例示したが、これを設計した集積回路装置の修正や検証に利用することも可能である。特に、このように集積回路装置の修正や検証を実行するときは、一部の条件情報を設計データから正確に検出できるので、より正確に回路要素の最大負荷容量を検索することができる。

【0060】その場合、集積回路装置の設計データに信号を順次伝送する複数の回路要素が存在する場合、これを検知して前段の回路要素の出力信号の応答時間である立ち上がり時間を算出し、これを後段の回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間である立ち上がり時間として設定する条件検出手段(図示せず)を回路設計システム1に設ける。

【0061】この回路設計システム1で設計データを修正する場合、図5に示すように、条件検出手段が設計データを解析して信号を順次伝送する少なくとも二個の回路要素を検知し、その前段の出力信号の立ち上がり時間を算出して後段の入力信号の立ち上がり時間として設定する(ステップE1)。これは条件情報の一つとして検索受付手段19に入力されるので、この条件情報によりデータベース13から後段の回路要素の最大負荷容量が検索される(ステップE2)。

【0062】この最大負荷容量と対象の回路要素の負荷

容量とが比較され(ステップE3)、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さいことが確認されると、その回路要素に対する設計修正は終了されるが、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より大きいことが判明すると、その回路要素の負荷容量が小さくなるよう設計データが修正される(ステップE4)。

【0063】このような集積回路装置の設計データの修正は、例えば、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素のゲート幅を拡大すること、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の出力ラインを短縮するよう回路レイアウトの設計データを変更すること、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の構成を変更すること、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の後段の回路を変更すること、等として実行される。

【0064】回路要素の最大負荷容量の決定要因の一つである入力信号の立ち上がり時間は、その前段の回路要素の出力信号の立ち上がり時間に起因するので、単体の回路要素の条件情報として正確に設定することは困難である。しかし、上述した回路設計方法では、後段の回路要素の入力信号の立ち上がり時間を集積回路装置の設計データから検出し、これを条件情報の一つとして最大負荷容量を算出するので、より正確に回路要素の最大負荷容量を獲得することができ、設計データの修正や検証を正確に実行することができる。

【0065】なお、実際に集積回路装置を生産する場合には、例えば、上述のような回路設計方法により集積回路装置を設計し、この設計データを上述した回路設計方法によりマージンを考慮するなどして修正し、このように修正された設計データを上述した回路設計方法により検証し、この検証された設計データで集積回路装置を生産する。このように生産された集積回路装置は、試作段階でテストされて問題の有無が判定され、問題があれば上述した回路設計方法により設計データが修正され、問題が無ければ量産されて出荷される。

【0066】なお、上記形態では容量算出部11でシミュレーションにより算出した最大負荷容量をデータベース13に蓄積しておき、これを回路設計部12での集積回路装置の設計時点で検索して利用することで、設計時点での所用時間を短縮することを例示したが、例えば、データベース13を具備しない回路設計システムで設計時点で近似式により最大負荷容量を逐次算出することも可能である。

【0067】その場合、データベース13を具備しない回路設計システムに、近似式生成手段、近似式記憶手段、容量算出手段、等を設け(何れも図示せず)、シミュレーションで算出された最大負荷容量を条件情報から近似的に算出する近似式を近似式生成手段により生成する。このように生成された近似式は近似式記憶手段により記憶され、回路設計の実行時点で条件情報が入力されると、容量算出手段が条件情報を近似式に代入して最大

負荷容量を近似的に算出する。

【0068】この場合、従来のシミュレーションと同様に集積回路装置の設計時点で回路要素の最大負荷容量が算出されるが、これは近似式による簡単な演算処理なのでシミュレーションのように時間を要することがなく、回路設計の所用時間を大幅に短縮することができる。なお、このように近似式を利用した回路設計方法も、前述したデータベース13を利用した回路設計方法と同様に、回路設計の修正や検証にも利用することができ、その場合に、設計データから入力信号の立ち上がり時間を検出して最大負荷容量の算出の精度を向上させることもできる。

【0069】さらに、上記形態では様々な条件情報を設定したシミュレーションで最大負荷容量を算出してデータベース13に蓄積し、これを条件情報で検索して集積回路装置の設計に利用することを例示したが、このような処理を完全に実行するためには、極度に多量の情報をデータベース13に蓄積しておく必要がある。これが問題となる場合には、適当な条件情報を設定したシミュレーションで代表的な条件情報を算出してデータベース13に蓄積し、設計する集積回路装置の条件情報により最大負荷容量を検索するときには、例えば、条件情報が近似する二つの最大負荷容量をデータベース13から検索し、これらの最大負荷容量を補完して条件情報に対応する最大負荷容量を近似的に生成するようなことが好ましい。

【0070】なお、上記形態では回路設計方法を実践する回路設計装置として、いわゆるクライアントサーバシステムを例示したが、例えば、このような回路設計装置をスタンドアロンの一つのコンピュータ装置として形成することも可能である。また、ホストコンピュータ2が作成したデータベース13をワークステーション3がオンラインで利用することを例示したが、例えば、上述のようにホストコンピュータ2が作成したデータベース13をFD106等でワークステーション3にオフラインに供給することも可能である。

【0071】また、上記形態ではホストコンピュータ2やワークステーション3において、RAM104等にソフトウェアとして格納されている制御プログラムに従ってCPU101が動作することにより、回路設計システム1の各種手段が実現されることを例示した。しかし、このような各種手段の各々を固有のハードウェアとして形成することも可能であり、一部をソフトウェアとしてRAM104等に格納するとともに一部をハードウェアとして形成することも可能である。

【0072】また、上記形態ではホストコンピュータ2やワークステーション3の起動時にHDD105に事前に格納されているソフトウェアがRAM104に複写され、このようにRAM104に格納されたソフトウェアをCPU101が読み取ることを想定したが、このよう

10

20

30

40

50

なソフトウェアをHDD105に格納したままCPU101に利用させることや、ROM103に事前に固定的に書き込んでおくことも可能である。

【0073】さらに、単体で取り扱える情報記憶媒体であるFD106やCD-ROM108等にソフトウェアを書き込んでおき、このFD106等からRAM104等にソフトウェアをインストールすることも可能であるが、このようなインストールを実行することなくFD106等からCPU101がソフトウェアを直接に取り取って処理動作を実行することも可能である。

【0074】つまり、本発明の回路設計システムの各種手段をソフトウェアにより実現する場合、そのソフトウェアはCPU101が読み取って対応する動作を実行できる状態に有れば良い。また、上述のような各種手段を実現する制御プログラムを、複数のソフトウェアの組み合わせで形成することも可能であり、その場合、単体の製品となる情報記憶媒体には、本発明の回路設計システムを実現するための必要最小限のソフトウェアのみを格納しておけば良い。

【0075】例えば、既存のオペレーティングシステムが実装されているホストコンピュータ2に、CD-ROM108等の情報記憶媒体によりアプリケーションソフトを提供するような場合、本発明の回路設計システムの各種手段を実現するソフトウェアは、アプリケーションソフトとオペレーティングシステムとの組み合わせで実現されるので、オペレーティングシステムに依存する部分のソフトウェアは情報記憶媒体のアプリケーションソフトから省略することができる。

【0076】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0077】請求項1記載の発明の回路設計方法は、集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、算出された最大負荷容量を回路要素の条件情報とともにデータベースに格納し、設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報により前記データベースから最大負荷容量を検索し、検索された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにしたことにより、集積回路装置の設計時点では条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索するので、条件情報によりシミュレーションを実行して最大負荷容量を算出する必要がなく、回路設計の所用時間を大幅に短縮することができ、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さく信頼性が良好な集積回路装置を簡単に設計することができる。

【0078】請求項2記載の発明は、請求項1記載の回路設計方法であって、設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、検出された条件情報によりデータベースから最大負荷容量を検索し、検索された最大負

荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにしたことにより、集積回路装置の設計内容から回路要素の条件情報を検出して最大負荷容量をデータベースから検索するので、より正確な回路要素の最大負荷容量を検索することができ、より信頼性が良好な状態に集積回路装置を修正することができる。

【0079】請求項3記載の発明は、請求項2記載の回路設計方法であって、回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、検出された出力信号の応答時間を後段の前記回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間として設定するようにしたことにより、回路要素の条件情報として入力信号の応答時間を集積回路装置の設計結果から検出するので、より正確に回路要素の最大負荷容量をデータベースから検索することができる。

【0080】請求項4記載の発明の回路設計方法は、集積回路装置を形成する各種の回路要素の最大負荷容量を様々な条件情報を設定したシミュレーションで算出し、算出された最大負荷容量を条件情報から近似的に算出する近似式を設定し、設計する集積回路装置に使用する回路要素の条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を設計するようにしたことにより、集積回路装置の設計時点では条件情報により近似式で最大負荷容量を近似的に算出するので、条件情報により複雑なシミュレーションを実行する必要がなく、回路設計の所用時間を大幅に短縮することができ、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さく信頼性が良好な集積回路装置を簡単に設計することができる。

【0081】請求項5記載の発明は、請求項4記載の回路設計方法であって、設計された集積回路装置の回路要素の条件情報を検出し、検出された条件情報を近似式に代入して最大負荷容量を近似的に算出し、算出された最大負荷容量より回路要素の負荷容量が小さくなるよう集積回路装置を修正するようにしたことにより、集積回路装置の設計内容から回路要素の条件情報を検出して最大負荷容量を近似式により算出するので、より正確に回路要素の最大負荷容量を算出することができ、より信頼性が良好な状態に集積回路装置を修正することができる。

【0082】請求項6記載の発明は、請求項5記載の回路設計方法であって、回路要素の条件情報の一つとして入力信号の応答時間が設定されており、設計された集積回路装置の信号を順次伝達する少なくとも二個の回路要素の前段の出力信号の応答時間を検出し、検出された応答時間を後段の回路要素の条件情報の一つである入力信号の応答時間として近似式に代入するようにしたことにより、回路要素の条件情報として入力信号の応答時間を

集積回路装置の設計結果から検出するので、より正確に回路要素の最大負荷容量を近似式により算出することができる。

【0083】請求項7記載の発明は、請求項2または5記載の回路設計方法であって、集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素のゲート幅を拡大するようにしたことにより、ゲート幅の拡大で回路要素の負荷容量を低下させることができるので、回路要素の負荷容量が最大負荷容量を超過しない状態に集積回路装置を修正することができる。

【0084】請求項8記載の発明は、請求項2または5記載の回路設計方法であって、集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の出力ラインの長さを短縮するようにしたことにより、出力ラインの長さの短縮により回路要素の負荷容量を低下させることができるので、回路要素の負荷容量が最大負荷容量を超過しない状態に集積回路装置を修正することができる。

【0085】請求項9記載の発明は、請求項2または5記載の回路設計方法であって、集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の構成を変更するようにしたことにより、構成の変更により回路要素の負荷容量を低下させることができるので、回路要素の負荷容量が最大負荷容量を超過しない状態に集積回路装置を修正することができる。

【0086】請求項10記載の発明は、請求項2または5記載の回路設計方法であって、集積回路装置を修正するとき、負荷容量が最大負荷容量を超過した回路要素の後段の回路を変更するようにしたことにより、後段の回路の変更により回路要素の負荷容量を低下させることができるので、回路要素の負荷容量が最大負荷容量を超過しない状態に集積回路装置を修正することができる。

【0087】請求項11記載の発明は、請求項1ないし10の何れか一記載の回路設計方法であって、回路要素の条件情報が、回路要素のゲート幅、入力信号の応答時間、最大動作周波数、最大動作電圧、動作保証温度、スイッチング確率、として設定されていることにより、各種の条件情報により回路要素の最大負荷容量を適正に決定することができる。

【0088】請求項12記載の発明の集積回路装置は、レイアウトされて適直接続された各種の回路要素からなり、動作保証温度や動作保証期間等の各種条件が規定されている集積回路装置において、請求項1ないし11の何れか一記載の回路設計方法により設計されていることにより、回路要素の負荷容量が最大負荷容量より小さい

ので、ホットキャリアによる経時劣化が軽微で信頼性が良好である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態の回路設計システムによる回路設計方法を示すフローチャートである。

【図2】回路設計システムの論理的構造を示す模式図である。

【図3】回路設計システムのホストコンピュータの物理的構造を示すブロック図である。

10 【図4】回路設計システムの物理的構造を示すブロック図である。

【図5】一変形例の回路設計方法を示すフローチャートである。

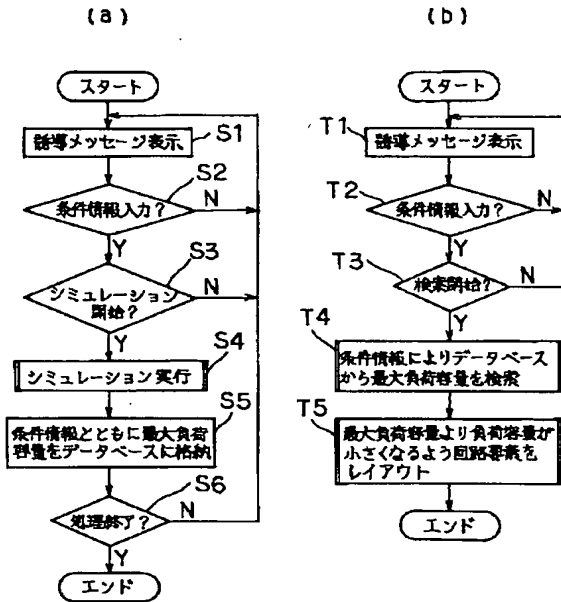
【符号の説明】

- 1 回路設計装置である回路設計システム
- 2 回路設計装置であるホストコンピュータ
- 3 回路設計装置であるワークステーション
- 4 通信ネットワーク

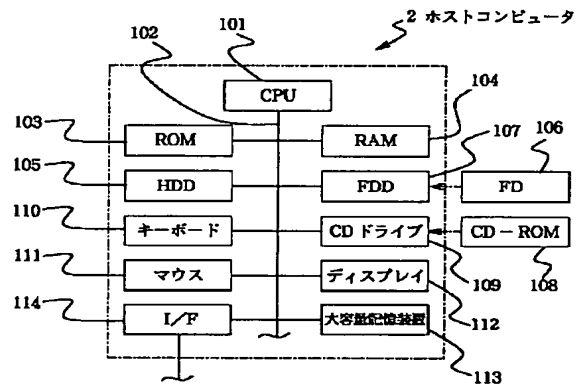
- 11 回路設計装置である容量算出部
- 20 12 回路設計装置である回路設計部
- 13 データベース
- 14 入力誘導手段
- 15 情報受付手段
- 16 容量算出手段
- 17 情報格納手段
- 18 検索誘導手段
- 19 検索受付手段
- 20 容量検索手段
- 21 回路設計手段
- 30 22 設計制御手段

- 101 コンピュータであるCPU
- 102 バスライン
- 103 情報記憶媒体であるROM
- 104 情報記憶媒体であるRAM
- 105 情報記憶媒体であるHDD
- 106 情報記憶媒体であるFD
- 107 FDD
- 108 情報記憶媒体であるCD-ROM
- 109 CDFドライブ
- 110 キーボード
- 111 マウス
- 112 ディスプレイ
- 113 情報記憶媒体である大容量記憶装置
- 114 通信I/F

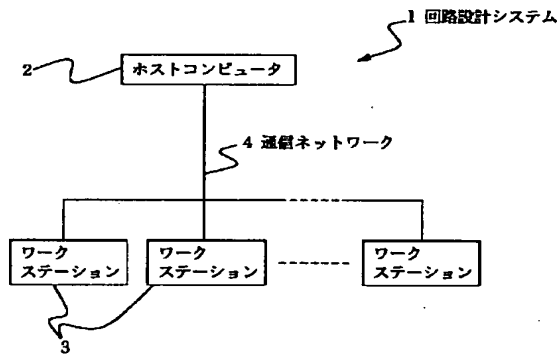
【図1】



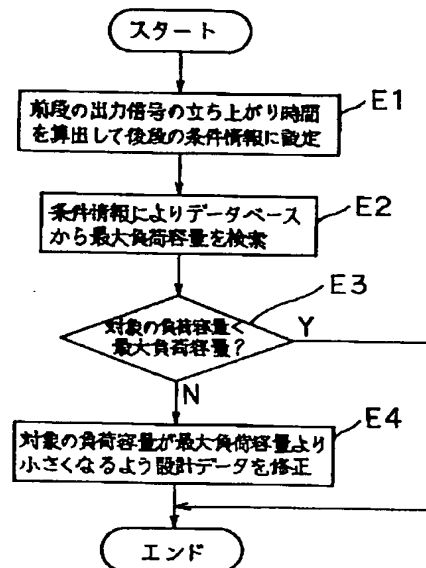
【図3】



【図4】



【図5】



【図2】

